

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-131556

(43)Date of publication of application : 12.05.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/30

(21)Application number : 10-307459

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 28.10.1998

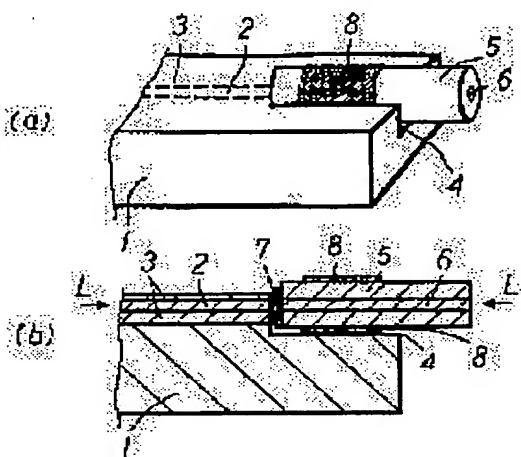
(72)Inventor : UENO YURIKO

## (54) CONNECTING STRUCTURE OF OPTICAL WAVEGUIDE AND OPTICAL FIBER AND CONNECTION METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the reliability of connection with an adhesive for end face connection for joining the end faces of an optical waveguide and an optical fiber.

SOLUTION: The end face of the optical waveguide formed on a substrate 1 and the end face of the optical fiber 5 placed on an fiber fixing groove 4 formed on the substrate 1 by aligning its optical axis to the optical axis of the optical waveguide is fixed with a photosetting adhesive 7 and the optical fiber 5 is fixed with the thermosetting adhesive 8 to the fiber fixing groove 4. The end faces of the optical waveguide and the optical fiber 5 are joined with the photosetting adhesive 7 with good accuracy and the optical fiber 5 is securely fixed to the substrate, thereby, mechanical strength can be improved, and the good optical connection without the occurrence of an optical axis misalignment can be executed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.06.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-131556  
(P2000-131556A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000.5.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 6/30

識別記号

F I

G 0 2 B 6/30

キーワード (参考)

2 H 0 3 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-307459

(22) 出願日

平成10年10月28日 (1998.10.28)

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田島羽殿町6番地

(72) 発明者 上野 由里子

京都府相楽郡精華町光台3丁目5番地 京

セラ株式会社中央研究所内

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA24 CA00 DA04 DA06

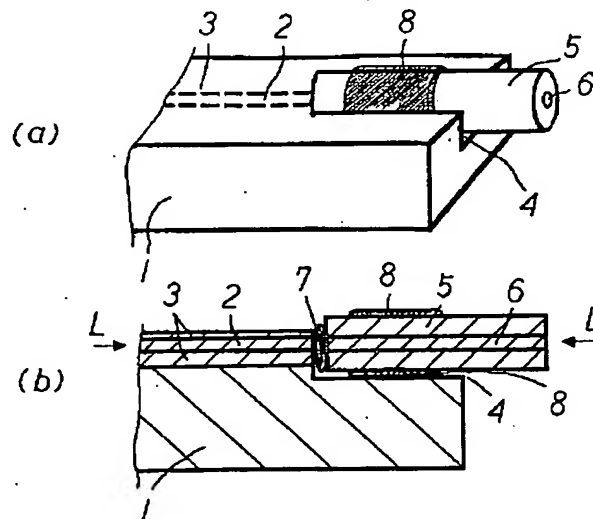
DA12 DA17

(54) 【発明の名称】 光導波路と光ファイバとの接続構造および接続方法

(57) 【要約】

【課題】 光導波路と光ファイバの端面を接合する端面接続用接着剤では接続信頼性が低かった。

【解決手段】 基板1上に形成された光導波路の端面と、基板1上に形成された光ファイバ固定溝4に光導波路と光軸を揃えて載置された光ファイバ5の端面とを光硬化性接着剤7により接合するとともに、光ファイバ5を光ファイバ固定溝4に熱硬化性接着剤8により固定した光導波路と光ファイバ5との接続構造である。光導波路と光ファイバ5の端面同士を光硬化性接着剤7で精度良く接合するとともに光ファイバ5を熱硬化性接着剤8によって強固に基板に固定して接続強度を向上させることができ、光軸ずれが生じない良好な光接続を行なうことができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に形成された光導波路の端面と、前記基板上に形成された光ファイバ固定溝に前記光導波路と光軸を揃えて載置された光ファイバの端面とを光硬化性接着剤により接合するとともに、前記光ファイバを前記光ファイバ固定溝に熱硬化性接着剤により固定したことを特徴とする光導波路と光ファイバとの接続構造。

【請求項 2】 上面に光導波路と、接着剤分離溝を有する光ファイバ固定溝とを形成した基板を準備し、次に、前記光ファイバ固定溝に前記光導波路と光軸を揃えて光ファイバを載置するとともに光導波路と光ファイバの端面同士を光硬化性の端面接続用接着剤により接合し、しかる後、前記光ファイバ固定溝と前記光ファイバとを熱硬化性の固定用接着剤で接合することを特徴とする光導波路と光ファイバとの接続方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光集積回路基板等の基板上において光導波路と光ファイバとを接着剤を用いて接続する光導波路と光ファイバとの接続構造および接続方法に関し、特に、光ファイバと光導波路との光軸調整の精度を改善し、かつ光ファイバの接続強度を高めた光導波路と光ファイバとの接続構造および接続方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 光集積回路基板や光電子混在基板等の光信号を扱う基板上においては、その基板上に形成された三次元導波路形状の光導波路と、外部との光信号の授受を行なうための光ファイバとを接続する光接続構造が必要である。

【0003】 そのような光導波路と光ファイバとの接続構造の従来の例を図 3 (a) および (b) にそれぞれ斜視図および断面図で示す。図 3 において 1 は基板、2 および 3 は基板 1 上に形成された三次元導波路形状の光導波路のそれぞれコア部およびクラッド部、4 は基板 1 上に形成された光ファイバ固定溝、5 は光ファイバ固定溝 4 に光導波路のコア部 2 と光軸を揃えて固定された光ファイバである。

【0004】 このような光導波路と光ファイバとの接続構造においては、図 3 (b) に示すように、まず基板 1 上に光導波路と対向して形成された光ファイバ固定溝 4 に、光ファイバ 5 をその端面と光導波路の端面とを対向させて挿入する。次に、挿入後に両者の光軸調整を行なう、光ファイバ 5 の光軸であるコア部 6 と光導波路の光軸であるコア部 2 とを揃える。そして、挿入された光ファイバ 5 の端面と光導波路の端面との間に端面接続用接着剤 7 を少量滴下して仮止めを行なった後、仮止めを行なった接着剤 7 の上からさらに接着剤 7 を足して端面同士の接続強度を増加させ、両者を確実に接着している。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、図 3 に示すような従来の接続方法においては、光導波路と光ファイバ 5 との端面同士の接続部分において、仮止めした接着剤 7 の上からさらに接着剤 7 を加えると、仮止めにおいて硬化させた接着剤 7 に硬化前の接着剤 7 からその溶剤等が拡散・浸透して、硬化していた接着剤 7 が緩んでしまうこととなり、そのため光ファイバ 5 の光軸ずれが生じてしまうという問題点があった。

【0006】 また、光ファイバ 5 の接続をその先端の端面で行なっていることから、光ファイバ 5 の接続強度が不十分で接続信頼性が低いという問題点もあった。

【0007】 本発明は上記従来技術における問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光導波路が形成された基板上に光ファイバを接着剤で固定する際に、光ファイバを光ファイバ固定溝に固定するための固定用接着剤を付与することによって確実に基板に固定してその強度を向上させることができるとともに、端面接続用接着剤および固定用接着剤の硬化により生じる光軸ずれの発生を抑制して良好な位置精度で光軸を揃えて光接続できる光導波路と光ファイバとの接続構造および接続方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造は、基板上に形成された光導波路の端面と、前記基板上に形成された光ファイバ固定溝に前記光導波路と光軸を揃えて載置された光ファイバの端面とを光硬化性接着剤により接合するとともに、前記光ファイバを前記光ファイバ固定溝に熱硬化性接着剤により固定したことを特徴とするものである。

【0009】 また、本発明の光導波路と光ファイバとの接続方法は、上面に光導波路と、接着剤分離溝を有する光ファイバ固定溝とを形成した基板を準備し、次に、前記光ファイバ固定溝に前記光導波路と光軸を揃えて光ファイバを載置するとともに光導波路と光ファイバの端面同士を光硬化性の端面接続用接着剤により接合し、しかる後、前記光ファイバ固定溝と前記光ファイバとを熱硬化性の固定用接着剤で接合することを特徴とするものである。

【0010】 本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造によれば、光導波路と光ファイバとの端面同士を光硬化性接着剤の端面接続用接着剤で接合し、熱硬化性接着剤の端面接続用接着剤により光ファイバを光ファイバ固定溝に接合して固定することから、端面接続用接着剤を介して対向させた光導波路と光ファイバのコア部（光軸）に光硬化性接着剤の硬化用の光を端面接続用接着剤に照射することによって、光軸間とその近傍の端面接続用接着剤を光硬化させて端面同士を位置精度よく接合することができるとともに、熱硬化性接着剤の固定用接着剤により、光ファイバを基板の光ファイバ固定溝に光導

波路との端面同士的位置整合を保ちつつ大きな接続強度で強固に接合でき、良好かつ確実に固定することができる。

【0011】また、本発明の光導波路と光ファイバとの接続方法によれば、光ファイバを光ファイバ固定溝に光導波路と光軸を揃えて載置して光導波路と光ファイバの端面同士を光硬化性接着剤の端面接続用接着剤で接合した後、光ファイバ固定溝と光ファイバとを端面接続用接着剤とは種類の異なる熱硬化性接着剤の固定用接着剤で接合することから、固定用接着剤を付与した際にその一部が端面接続用接着剤に接触しても、固定用接着剤の溶剤等が端面接続用接着剤に拡散・浸透して混ざり合ってしまうと端面接続用接着剤の接着が緩むことを効果的に抑制することができる。また、端面接続用接着剤と固定用接着剤とが混ざり合うことがないため、端面接続用接着剤で接合した端面同士の固定がずれることがなく、しかも、接着強度の大きな固定用接着剤で光ファイバを光ファイバ固定溝に強固に固定することができるので、光導波路と光ファイバとの間の光軸ずれの発生をなくすることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図面を参照しつつ説明する。

【0013】図1(a)および(b)は、本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造の実施の形態の一例を示すそれぞれ斜視図および断面図である。図1において、図3と同様の箇所には同じ符号を付してある。8は、光ファイバ固定溝4に光ファイバ5の固定を行なうための固定用接着剤である。

【0014】本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造は、基板1上に形成された光導波路の端面と基板1上に形成された光ファイバ固定溝4に固定用接着剤8により固定された光ファイバ5の端面とを、光軸を揃えて、すなわち光導波路のコア部2と光ファイバ5のコア部6とを揃えて端面接続用接着剤7により接合して成る接続構造であって、端面接続用接着剤7に光硬化性の接着剤を用い、固定用接着剤8に熱硬化性の接着剤を用いて接続したことを特徴とする。

【0015】このように端面接続用接着剤7を光硬化性のものとし、固定用接着剤8を熱硬化性のものとして異なる種類の接着剤を用いるので、端面接続用接着剤7が光ファイバ5の端面および端面近傍の側面を伝って固定用接着剤8と接触したり、あるいは固定用接着剤8が光ファイバ5や光ファイバ固定溝4の側面を伝って端面接続用接着剤7と接触したりしても、両者が混ざり合っ

て接着剤の、特に端面接続用接着剤7の接着硬化が緩むことがなく、光ファイバ5の光軸ずれの発生を抑制できる。

【0016】ここで、端面接続用接着剤7として紫外線硬化性接着剤等の光硬化性接着剤を用いていることか

ら、図1(b)に示すように、光導波路のコア部2または光ファイバ5のコア部6を通して紫外線等の光Lを照射することによって光軸間およびその近傍の端面接続用接着剤7を瞬時に硬化させることができるので、接着前に光軸調整した光導波路と光ファイバ5との位置整合がそのまま保持され、光軸ずれが生じない光接続を行なうことができる。

【0017】このような端面接続用接着剤7としては、光導波路のコア部2および光ファイバ5のコア部6と屈折率が同程度のもの、すなわち、それらとの屈折率差が0.1%以下の紫外線硬化性接着剤が望ましい。このような紫外線硬化性接着剤を使用することによって、光導波路の端面と光ファイバ5の端面との間で光を散乱することなく伝搬させて良好な光接続を得ることができる。また、紫外線硬化性接着剤を用いることによって、光軸調整を行なった光導波路と光ファイバ5との状態を瞬時に固定することができるため、アライメント特性が良いものとなる。

【0018】具体的な紫外線硬化性接着剤としては、例えば紫外線硬化型エポキシ樹脂や紫外線硬化型アクリル樹脂等を用いることができる。中でも、紫外線硬化型エポキシ樹脂を用いると、硬化の際の収縮が小さいといった点で好適である。

【0019】一方、固定用接着剤8としては熱硬化性の接着剤を用いていることから、光ファイバ5の光ファイバ固定溝4への接着強度を大きくできるために光導波路と光ファイバとの十分な接続強度を得ることができるものとなり、良好な光接続を行なうことができる。

【0020】このような熱硬化性の固定用接着剤8としては、光ファイバ5を基板1に接着させる効果のあるものであればとりわけ限定されるものではない。しかしながら、光導波路と光ファイバ5との光軸ずれへの影響を小さくするためには、仮止めで硬化させた光硬化性の端面接続用接着剤7と混ざり合わないものであることが望ましく、できるだけ熱膨張率および硬化時の収縮率が小さいものが望ましく、また、光ファイバ5の基板1への良好かつ確実な接着のためには接着面積等を考慮して1kg以上の接着強度が得られるものが望ましい。

【0021】このような固定用接着剤8としては、例えば熱硬化型エポキシ樹脂・アクリル樹脂・ポリイミド樹脂やシリコン接着剤等を用いることができる。中でも、シリコン接着剤を用いると、接着強度が大きく、また吸水率が低いといった点で好適である。

【0022】なお、本発明の接続構造によれば、端面接続用接着剤7と固定用接着剤8に互いに混ざり合わないものを用いた場合には、両者の接触を特に問題とする必要がないので、図1に示すように、光ファイバ固定溝4を光導波路の端面の直下まで形成することができる。これにより、光ファイバ5の端面は光ファイバ固定溝4に支持された状態で光導波路の端面に突き当てられるの

で、光接続における光軸の位置整合を良好なものとする  
ことができる。

【0023】また、本発明の光導波路と光ファイバとの  
接続方法によれば、基板 1 上に形成された光ファイバ固  
定溝 4 に、光ファイバ 5 を挿入・載置した後に、光ファイ  
バ 5 と光導波路の光軸調整を行なって両者の光軸（コ  
ア部 2 とコア部 6）を揃え、それとともに光導波路と光  
ファイバ 5 の端面の間に光硬化性の端面接続用接着剤 7  
を少量滴下し、光導波路のコア部 2 または光ファイバ 5  
のコア部 6 から硬化のための光 L を照射して端面接続用  
接着剤 7 を硬化させる。このとき、滴下する端面接続用  
接着剤 7 の量は少なく済むため、その硬化の際に生じ  
る収縮等の影響も小さいので、これによっても光軸ずれ  
の発生を抑制できる。

【0024】その後、光ファイバ固定溝 4 と光ファイバ  
5 とを光硬化性の端面接続用接着剤 7 とは種類の異なる  
熱硬化性接着剤の固定用接着剤 8 で接合する。なお、図  
1 においては固定用接着剤 8 を光ファイバ 5 の周囲に付  
与した例を示しているが、固定用接着剤 8 は光ファイバ  
固定溝 4 と光ファイバ 5 との間のみに介在させて両者を  
接着するようにしてもよいことは言うまでもない。

【0025】これにより、接着強度の大きい熱硬化性の  
固定用接着剤 8 により光ファイバ 5 を光ファイバ固定溝  
4 に強固に固定でき、光導波路と光ファイバ 5 との間の  
光軸ずれの発生をなくすことができる接続信頼性の高い  
接続構造を得ることができる。また、端面接続用接着剤  
7 と固定用接着剤 8 との種類が異なることから、固定用  
接着剤 8 を付与した際にその一部が広がって仮止め硬化  
させた端面接続用接着剤 7 に接触しても、固定用接着剤  
8 の溶剤等が端面接続用接着剤 7 に拡散・浸透して混ざ  
り合ってしまうと端面接続用接着剤 7 の接着が緩むこと  
を効果的に抑制することができる。

【0026】本発明の接続構造および接続方法によれ  
ば、端面接続用接着剤 7 と固定用接着剤 8 にはそれぞれ  
光硬化性と熱硬化性という異種の接着剤を用いることか  
ら、それぞれの接着剤の有する熱的および機械的な特性  
が異なるものとなる。従って、両者の特性の組合せを考  
慮して、例えば種々の環境下等において一方の接着剤が  
経時的に劣化しやすい場合であっても、他方の接着剤と  
してその条件に対して劣化しにくいものを選択すること  
によって、光導波路と光ファイバ 5 との接着効果を持続  
させることができ、接続信頼性を向上させることができ  
る。

【0027】このような特性の組合せとしては、例えば  
硬化時の収縮が小さくアライメントが保持しやすい紫外  
線硬化型エポキシ樹脂と、吸湿が少なくガラス転移温度  
T<sub>g</sub> が高く固定後の信頼性に優れている熱硬化型シリ  
コーン樹脂との組合せが考えられる。

【0028】なお、本発明の光導波路と光ファイバとの  
接続構造において、図 2 (a) ~ (c) にそれぞれ図 1

(b) と同様の断面図で示すように、光ファイバ固定溝  
4 に対してその光ファイバ 5 の端面と固定用接着剤 8 に  
よる固定位置との間に端面接続用接着剤 7 と固定用接着  
剤 8 とを分離するための接着剤分離溝 9 を形成すること  
により、光導波路と光ファイバ 5 の端面同士を端面接続  
用接着剤 7 で接続した後に光ファイバ固定溝 4 に固定用  
接着剤 8 を付与しても、両接着剤の間に形成した接着剤  
分離溝 9 により両者が接触して混ざり合うことがないも  
のとなる。また、固定用接着剤 8 と端面接続用接着剤 7  
との間に所望の距離を設けることが可能なため、固定用  
接着剤 8 を付与する際の影響、あるいは固定用接着剤 8  
が硬化する際の収縮等の影響が光導波路および光ファイ  
バ 5 の端面に及ぶことを有効に防止することができる。  
従って、光軸を揃えて端面接続用接着剤 7 で接合した光  
導波路と光ファイバ 5 との間の光軸ずれをより効果的に  
なくすことができ、光ファイバ 5 を固定用接着剤 8 によ  
って光ファイバ固定溝 4 に確実に固定することができる  
ものとなり、光ファイバ 5 の接続信頼性をさらに高める  
ことができる。

【0029】また、本発明の光導波路と光ファイバとの  
接続方法において、このように基板として光ファイバ固  
定溝 4 に接着剤分離溝 9 を形成したものをを用いると、光  
ファイバ 5 を接着剤分離溝 9 を有する光ファイバ固定溝  
4 に光導波路と光軸を揃えて載置して光導波路と光ファイ  
バ 5 の端面同士を端面接続用接着剤 7 で接合した後、  
光ファイバ固定溝 4 のうち光ファイバ 5 の端面に対して  
間に接着剤分離溝 9 を挟む領域と光ファイバ 5 とを固定  
用接着剤 8 で接合することにより、光導波路と光ファイ  
バ 5 の端面同士を端面接続用接着剤 7 で接続した後に固  
定用接着剤 8 を付与しても、両接着剤の間に形成した接  
着剤分離溝 9 により両者が接触して混ざり合うことがな  
くなる。また、固定用接着剤 8 と端面接続用接着剤 7 と  
の間に所望の距離を設けることが可能なため、固定用接  
着剤 8 を付与する際の影響、あるいは固定用接着剤 8 が  
硬化する際の収縮等の影響が光導波路の端面に及ぶこと  
を有効に防止することができる。従って、光軸を揃えて  
端面接続用接着剤 7 で接合した光導波路と光ファイバ 5  
との間の光軸ずれをなくすことができる。また、光ファイ  
バ 5 を固定用接着剤 8 によって光ファイバ固定溝 4 に  
確実に固定することができ、光ファイバの接続強度を向  
上させることができる。

【0030】しかも、光ファイバ 5 の基板 1 への接着強  
度、すなわち光ファイバ固定溝 4 への接着強度について  
は、光導波路と光ファイバ 5 の端面同士を接合した後  
に、光ファイバ固定溝 4 のうち光ファイバ 5 の端面に対  
して間に接着剤分離溝 9 を挟む領域に設けた固定位置に  
おいて光ファイバ固定溝 4 と光ファイバ 5 とを固定用接  
着剤 8 で接合するものとなることから、十分な量の固定  
用接着剤 8 を付与することができ、光ファイバ 5 の接着  
強度を向上することができる。このとき、固定用接着剤

8を多量に塗布して、これが表面張力によって光ファイバ5の側面に沿って流動しても、光ファイバ5の端面側に流動した固定用接着剤8は光ファイバ固定溝4に設けた接着剤分離溝9のところで止まり、端面接続用接着剤7とは分離されるため、光ファイバ5の端面と光導波路の端面の接合部分には影響がないようにできる。従って、固定用接着剤8の硬化の際の収縮による光ファイバ5の光軸ずれも生じないものとできる。

【0031】また、接着剤分離溝9は光導波路の端面よりも光ファイバ5側に形成されているため、端面接続用接着剤7を光導波路の端面全体に広がらせ、さらに、光ファイバ5に対してもその端面が光導波路の端面に突き当たる角まで広がらせることができる。従って、接着剤分離溝9を設けたことにより、光導波路と光ファイバ5の端面同士の接続部の接着強度も向上させることができる。

【0032】さらに、接着剤分離溝9を光導波路の端面の直下よりも光ファイバ5側に形成しているため、光導波路と光ファイバ5との光軸調整において光ファイバ5の先端が不安定になるようなことがなく、光軸調整がしやすいものとなる。

【0033】このような接着剤分離溝9の位置は、具体的には、光導波路の端面から $20\mu\text{m}\sim 2\text{cm}$ で光ファイバ5の端面と固定位置との間の範囲に位置していると良い。

【0034】中でも、光導波路の端面から $20\sim 50\mu\text{m}$ の位置とすると、効果的に端面接続用接着剤7と固定用接着剤8とを分離することができる好適なものとなる。

【0035】また、接着剤分離溝9の幅や深さ・長さ等の寸法は、この接着剤分離溝9にむけて広がってくる端面接続用接着剤7の一部または固定用接着剤8の一部の容積よりも大きい容積を占め、特に、幅については接着剤の分離効果が確実となる $10\mu\text{m}$ 以上の幅を持つものとするのが望ましい。

【0036】接着剤分離溝9の形状は、光導波路と光ファイバ5の端面の間に付与する端面接続用接着剤7と光ファイバ支持溝4に付与する固定用接着剤8とを分離することができるかのような形状でも良く、例えば、図2(a)に示すような断面が直方形状の溝や、図2

(b)に示すようなV字状の溝、あるいは半円形状の溝等、種々の形状とすることができる。中でも、ダイシングにより作製が容易であること、同容積であれば溝を狭く、あるいは浅くすることができることから、断面が直方形状の溝とすると本発明の接続構造に好適なものとなる。

【0037】さらに、接着剤分離溝9は1個だけでなく、図2(c)に示すように複数個設けても良い。接着剤分離溝9を複数個設けた場合には、接着剤の分離をより確実に行なうことができるものとして機能させるのみならず、光ファイバ5の端面に一番近い溝は端面接続用

接着剤7と固定用接着剤8との分離のための溝として使用し、その他の溝には固定用接着剤8を侵入させて、その表面張力の効果を利用して光ファイバ5の光ファイバ固定溝4への接着強度をさらに増加させることもできる。

【0038】なお、接着剤分離溝9を形成する方法としては、光ファイバ固定溝4と同様に、ダイシングを用いた方法やマスクを用いて反応性ドライエッチングを行なう方法、その他の方法によればよい。

【0039】本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造において、基板1には、光集積回路基板や光電子混在基板等の光信号を扱う基板として使用される種々の基板、例えばシリコン基板やアルミナ基板・ガラスセラミックス基板・多層セラミック基板等が使用できる。

【0040】基板1上に形成される光導波路は、クラッド部3中にコア部2が形成された三次元導波路形状の光導波路であり、その形成材料としては、シリカ・ポリイミド・フッ素樹脂・フッ化ポリイミド・シロキサン系ポリマ等を用いることができる。中でも、シロキサン系ポリマから成る光導波路を用いれば、低温形成および高耐熱性・低損失といった点で好適なものとなる。

【0041】光ファイバ固定溝4としては、基板1の材料や特性、あるいは光ファイバ5の形状・寸法等に応じて種々の形状・寸法・形成方法から適宜選択すればよい。図1に示した四角形状の溝の他にも、V字状の溝や半円形状の溝としてもよい。その形成には、ダイシングを用いた方法やマスクを用いて反応性ドライエッチングを行なう方法、その他の方法を用いればよい。

【0042】光ファイバ5としては、シリカ系およびP MMA（ポリメチルメタアクリレート）・フッ素樹脂等で形成されるシングルモード光ファイバあるいはマルチモード光ファイバが接続できる。

【0043】

【実施例】次に、本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造および接続方法について具体例を説明する。

【0044】〔例1〕アルミナセラミックスから成る基板上に、クラッド部がシロキサンポリマ、コア部がチタン含有シロキサンポリマから成るステップインデックス型光導波路を形成した。次いで、この光導波路に対して光ファイバと接続する部分を決定し、ダイシングブレードを用いて光導波路の端面を形成した。さらに、この端面に対向する位置に光ファイバ固定溝をダイシングにより形成した。このときの光導波路の上面から光ファイバ固定溝の底面までの深さは $90\mu\text{m}$ とした。

【0045】次に、光ファイバ固定溝に直径 $125\mu\text{m}$ のシリカ系の光ファイバを挿入し、光導波路のコア部を通して光ファイバの端面から入射させた光を光ファイバの他方の端面である出力端からモニタリングしながら、光導波路と光ファイバとの光軸調整を行なった。

【0046】次に、光導波路および光ファイバのコア部

と屈折率が同程度の端面接続用接着剤としてスルフォニウム塩系光重合開始剤とエポキシ系樹脂とから成る紫外線硬化型エポキシ樹脂の紫外線硬化性接着剤を光導波路と光ファイバの端面の間に0.245  $\mu$ l滴下し、さらに、外部から紫外線を照射して硬化させた。

【0047】その後、光ファイバ固定溝と光ファイバとに固定用接着剤として熱硬化型シリコン樹脂の熱硬化性接着剤を塗布し、ハロゲンランプ光によって150℃で30秒間局所的に加熱することによって、固定用接着剤を硬化させて光ファイバを基板上に固定した。

【0048】このようにして作製した本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造について光導波路と光ファイバとの接続損失をカットバック法により測定したところ、波長1.3  $\mu$ mのLD（レーザダイオード）光に対する接続損失は0.5 dB以下に抑えられていることが確認できた。また、あらかじめ測定した位置ずれと損失の関係を表わしたデータから、損失の極小値すなわち位置ずれ=0に対する損失の増加分を位置ずれの大きさに対応させて光軸ずれの評価を行なったところ、0.2  $\mu$ m以内のずれであることが分かった。

【0049】また、この接続構造について光ファイバの基板への接着強度を荷重引っ張り試験機により測定したところ、光ファイバの接着強度は5 kg以上あり、光ファイバ接着後の基板の取り回しやハンドリングに充分耐えることができる良好な接続強度を有していることが確認できた。

【0050】また、この接続構造を85℃の高温中に1000時間放置した後においても種々の特性について変化は見られず、接続信頼性にも優れていることが確認できた。

【0051】【例2】次に、【例1】と同様の基板を用い、さらに、光ファイバ固定溝の底面の光導波路端面から20  $\mu$ m離れた位置にダイシングにより接着剤分離溝を形成した。ここで、接着剤分離溝は深さ30  $\mu$ m・光ファイバの光軸方向の幅20  $\mu$ mの直形状の断面形状で、光軸方向に対して垂直方向の幅は、光ファイバ固定溝をテラス状に形成したため、基板の端部までの幅と同じとした。

【0052】次いで、【例1】と同様にして光導波路と光ファイバの端面同士を端面接続用接着剤で接続した。その後、光ファイバの端面に対して間に接着剤分離溝を挟む領域の光ファイバ固定溝と光ファイバとに【例1】と同様に固定用接着剤を塗布し、加熱して硬化させて、光ファイバを基板上に固定した。

【0053】この接続構造について【例1】と同様に評価したところ、いずれも同等以上の良好な特性を有することが確認できた。

【0054】なお、以上はあくまで本発明の実施の形態の例示であって、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更や改良を加えることは何ら差し支えない。

#### 【0055】

【発明の効果】以上のように、本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造によれば、光導波路と光ファイバとの端面同士を光硬化性の端面接続用接着剤で接合し、熱硬化性の端面接続用接着剤により光ファイバを光ファイバ固定溝に接合して固定することから、端面接続用接着剤を介して対向させた光導波路と光ファイバのコア部

（光軸）に硬化用の光を端面接続用接着剤に照射することによって、光軸間とその近傍の端面接続用接着剤を光硬化させて端面同士を位置精度よく接合することができるとともに、熱硬化性の固定用接着剤により、光ファイバを基板の光ファイバ固定溝に光導波路との端面同士の位置整合を保ちつつ大きな接続強度で強固に接合でき、良好かつ確実に固定することができた。

【0056】また、本発明の光導波路と光ファイバとの接続方法によれば、光ファイバを光ファイバ固定溝に光導波路と光軸を揃えて載置して光導波路と光ファイバの端面同士を光硬化性の端面接続用接着剤で接合した後、光ファイバ固定溝と光ファイバとを端面接続用接着剤とは種類の異なる熱硬化性の固定用接着剤で接合することから、固定用接着剤を付与した際にその一部が端面接続用接着剤に接触しても、固定用接着剤の溶剤等が端面接続用接着剤に拡散・浸透して混ざり合ってしまう端面接続用接着剤の接着が緩むことを効果的に抑制することができた。また、端面接続用接着剤と固定用接着剤とが混ざり合うことがないため、端面接続用接着剤で接合した端面同士の固定がずれることがなく、しかも、接着強度の大きな固定用接着剤で光ファイバを光ファイバ固定溝に強固に固定することができるので、光導波路と光ファイバとの間の光軸ずれの発生をなくすることができた。

【0057】以上のように、本発明によれば、光導波路が形成された基板上に光ファイバを接着剤で固定する際に、光ファイバを光ファイバ固定溝に固定するための固定用接着剤を付与することによって確実に基板に固定してその強度を向上させることができるとともに、端面接続用接着剤および固定用接着剤の硬化により生じる光軸ずれの発生を抑制して良好な位置精度で光軸を揃えて光接続できる光導波路と光ファイバとの接続構造および接続方法を提供することができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】（a）および（b）は、それぞれ本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造の実施の形態の一例を示す斜視図および断面図である。

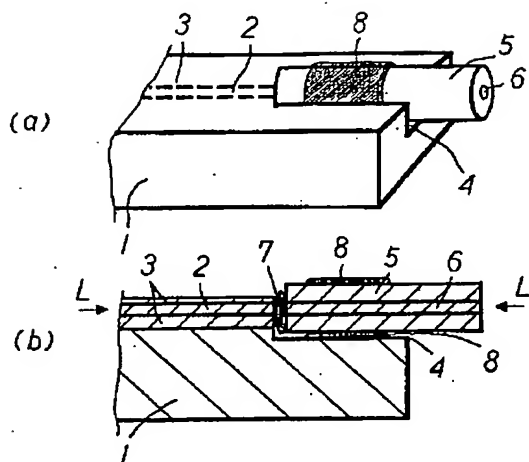
【図2】（a）～（c）は、それぞれ本発明の光導波路と光ファイバとの接続構造の実施の形態の他の例を示す断面図である。

【図3】（a）および（b）は、それぞれ従来の光導波路と光ファイバとの接続構造の例を示す斜視図および断面図である。

#### 【符号の説明】

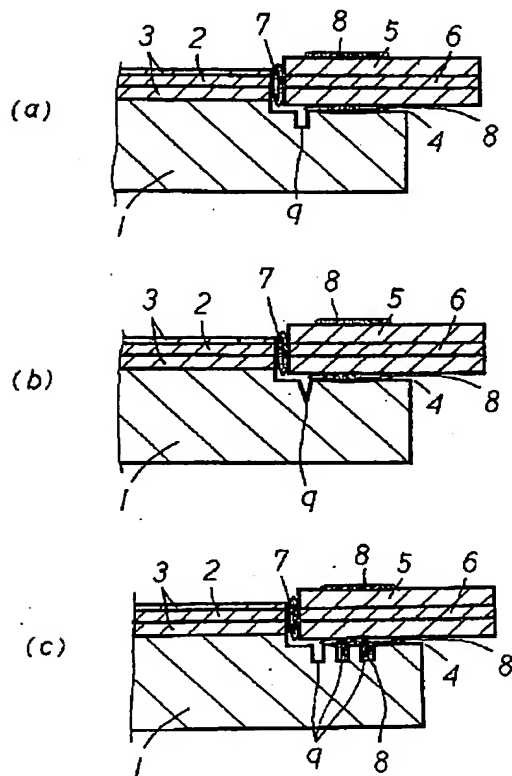
- 1・・・基板  
2・・・光導波路のコア部  
3・・・光導波路のクラッド部  
4・・・光ファイバ固定溝

【図1】

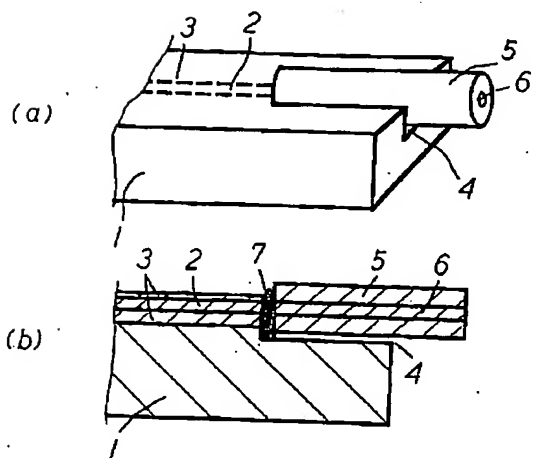


- 5・・・光ファイバ  
6・・・光ファイバのコア部  
7・・・端面接続用接着剤（光硬化性接着剤）  
8・・・固定用接着剤（熱硬化性接着剤）

【図2】



【図3】





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**